

亚热带森林凋落物分解特征及水文效应

蒲嘉霖¹, 刘 亮²

(1.江西工程学院, 江西 新余 338000; 2.江西省地质矿产勘查开发局 九 0 二地质大队, 江西 新余 338000)

摘 要:为了研究亚热带森林凋落物的分解特征及其水文效应,连续 12 个月采用凋落物分解网袋法研究了栲树(*Castanopsis fargesii*)、青冈(*Cyclobalanopsis glauca*)、枫香(*Liquidambar formosana*)、马尾松(*Pinus massoniana*)凋落物分解残留率、分解率、分解模型及水文特征。结果表明:(1)亚热带森林凋落物未分解层均占总厚度的一半以上,凋落物总厚度大小排序为栲树>青冈>枫香>马尾松,凋落物总蓄积量大小排序为栲树>青冈>枫香>马尾松,栲树最大(22.3 t/hm²),马尾松最小(7.2 t/hm²)。 (2)亚热带森林凋落物半分解层和未分解层最大持水量、最大持水率、自然含水率、有效拦蓄率和有效拦蓄量均表现出一致的变化趋势,基本表现为栲树>青冈>枫香>马尾松,并且未分解层高于半分解层,有效拦蓄量深度表现为栲树<青冈<枫香<马尾松,栲树和青冈拦蓄能力较强。(3)观测期内凋落物分解残留率均呈“急剧降低—平缓—缓慢降低”的变化趋势。凋落物急剧降低期约出现在凋落物分解的前 1~2 个月内,之后有 2~3 个月的平缓期,随后出现缓慢降低的趋势。对不同分解历时的凋落物分解残留率均表现为栲树<青冈<枫香<马尾松。(4)凋落物分解半衰期分别表现为栲树(2.65)<青冈(2.97)<枫香(3.54)<马尾松(5.98),阔叶植物凋落物分解半衰期和分解 50%和 95%所需时间明显小于针叶植物。(5)凋落物持水率与分解残留率呈现正相关关系($p<0.05$),凋落物持水率与分解残留率符合线性模型;土壤含水率与凋落物持水率呈现正相关关系($p<0.05$),土壤含水率与凋落物持水率符合反函数模型。综合分析表明,阔叶凋落物分解率明显高于针叶林。

关键词:亚热带森林;凋落物;分解特征;水文效应

中图分类号:S715

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2019)06-0165-06

Hydrology Functions and Decomposition Characteristics of Litter in Subtropical Forest

PU Jialin¹, LIU Liang²

(1.Jiangxi University of Engineering, Xinyu, Jiangxi 338000, China; 2.Nine 0 Two Geological

Brigade, Geological and Mineral Exploration and Development Bureau of Jiangxi, Xinyu, Jiangxi 338000, China)

Abstract:In order to explore hydrology functions and decomposition characteristics of litter in subtropical forest, the method of leaf litter decomposition bag was used to study the litter decomposition residual rate, decomposition rate, regression model and hydrographic trait in the decomposition process. The dominant tree species (*Castanopsis fargesii*, *Cyclobalanopsis glauca*, *Liquidambar formosana*, *Pinus massoniana*) were selected as the research samples. The results showed that: (1) the thickness of under-composed layer was more than half than that of total litter thickness, and semi-decomposed layer was more than half than that of total litter thickness, which showed the sequence: *Castanopsis fargesii*>*Cyclobalanopsis glauca*>*Liquidambar formosana*>*Pinus massoniana*, and the total volume of litter decreased in the order: *Castanopsis fargesii* (22.3 t/hm²)>*Cyclobalanopsis glauca*>*Liquidambar formosana*>*Pinus massoniana* (7.2 t/hm²); (2) the maximum capacity of soil moisture, the maximum rate of soil moisture, natural moisture rate, the effective rate of interception and the effective capacity of interception decreased in the sequence: *Castanopsis fargesii*>*Cyclobalanopsis glauca*>*Liquidambar formosana*>*Pinus massoniana* with under-composed layer>semi-decomposed layer; (3) the decomposition residue rate of litter presented the trend of ‘sharp decrease—gentle decrease—slow decrease’, the sharp decline of litter occurred in the first 1~2 months of litter decomposition, a gradual decomposition occurred in 2~3 months, followed by a slow decomposition. The decomposition residual rates of litter in different decomposition periods increased in the order: *Castan-*

收稿日期:2018-11-20

修回日期:2019-01-04

资助项目:江西省研究生创新专项资助项目(YC2013-B029);国家自然科学基金(31560150)

第一作者:蒲嘉霖(1985—),女,甘肃陇南人,硕士,讲师,主要从事水文与水资源研究。E-mail:jialin_puu@163.com

opsis fargesii < *Cyclobalanopsis glauca* < *Liquidambar formosana* < *Pinus massoniana*; (4) the half-life of decomposition of litter increased in the order: *Castanopsis fargesii* < *Cyclobalanopsis glauca* < *Liquidambar formosana* < *Pinus massoniana*, and the half-life of decomposition of broadleaf plants was lower than those of the conifer plants; (5) the water holding rate of litter was positively correlated with the decomposition residue rate ($p < 0.05$), and the water holding rate and decomposition residue rate of litter could be described by the linear model; there was a positive correlation between soil moisture content and litter water holding rate ($p < 0.05$). Totally, the decomposition rate of broadleaf litter was higher than that of coniferous forest.

Keywords: subtropical forest; litter; decomposition characteristics; hydrology functions

植物在生长过程中因季节变化等原因常常难以避免地出现枯枝落叶掉落等现象,在生物研究中一般把这些掉落物称之为凋落物,其来源于植株生长部分^[1-3],在凋落至地表以后被微生物分解,进而转化为土壤养分等营养物质^[4],从而利于植株根系吸收利用,成为再次供给植株生长的养分,这个过程也就是凋落物参与物质和能量交换的过程,从而调节生态系统有机质平衡^[5]。在微生物参与之下,凋落物等腐殖质被逐渐分解成土壤养分物质^[3],增加土壤碳、氮等营养物质含量,促进土壤养分循环,并对土壤碳库起着重要调节作用,在陆地生态中作用显著,相关数据研究发现,凋落物分解所产生的碳含量在全球碳库中占据重要地位。对于多数局部生态而言,凋落物等腐殖质在微生物作用下被分解转化为土壤养分,这些养分含有植物所需的氮、磷等多种养分物质,能够反哺植物生长近 80% 的养分所需,因此凋落物分解在生态循环中具有重要地位^[2]。

凋落物将植被和土壤物质循环联系起来,成为二者的能力交换桥梁,是重要的养分供给来源之一;此外,枯枝落叶等凋落物能够涵养水源^[6-7],降低水土流失问题,同时能够有效减少太阳照射对土壤水分的消耗,在调节地表径流方面作用显著,可以说其不仅是重要的养分来源,也具有显著的环境效益^[8]。在微生物的参与下,凋落物最终以有机质的成分再次回归土壤,从而有效改善土壤结构及养分,大大增强土壤提供养分的能力,属于典型的生态自肥^[9]。由于凋落物并没有严密覆盖地表,因此并不会对土壤呼吸产生明显的抑制作用,其疏松的结构反而能够吸收并储存一定的水分,且具有较强的透水性,这样一方面能够大大降低降雨对地表土壤的冲刷,有效减少水土流失,另一方面能够存储水分,延缓地表径流而加强水分的缓慢下渗,从而起到涵养水源的作用^[10]。因此关于凋落物的研究不仅在微生物学及土壤研究方面得到重视,也在水土保护方面受到了关注。由于我国森林资源多分布于东北及南方地区,因此凋落物研究也主要集中在这两个区域,主要侧重在微生物分解、养分循环、涵养水源等

方面,但对分解过程中的水文特点及其持水率研究较少^[11-13],基于此,本研究将栲树(*Castanopsis fargesii*)、青冈(*Cyclobalanopsis glauca*)、枫香(*Liquidambar formosana*)、马尾松(*Pinus massoniana*)凋落物作为研究对象,从其分解速率及残留、分解过程及水文特点等方面开展相关研究,从而来深入分析亚热带森林凋落物与土壤之间的深层次关系,为森林养分循环及水源利用提供有益借鉴。

1 研究区概况与方法

1.1 研究区概况

本研究区域位于井冈山自然保护区,地处罗霄山脉的中部,位于 114°04'E, 26°38'N, 该区域高低起伏,海拔 202~1 848 m, 具有较大的海拔差距;该区域以山地黄壤及红壤为主,该种土质较为疏松且肥力较强,分布着多种植被群落;受所处地理位置影响,该区域呈现典型的亚热带湿润气候特点,拥有近 1 500 h 的日照时数,近 1 850 mm 降雨量,因此具有较高的相对湿度,年均气温近 17℃,四季分明,因此分布着大量的亚热带森林植被。

1.2 样地设置

本试验将栲树、青冈、枫香、马尾松作为研究对象,并于 2016 年 11 月开始试验观测,在保护区内各采集点选择以上林木凋落叶片,然后分别将其均匀混合,在 65℃ 下进行烘干处理,待其充分冷却后按照每份 20 g 进行称取,每种凋落物称取 80 份,然后逐份装入分解网袋中,以备后续指标测定。

本试验于 2017 年 3 月在试验区域选取 5 个试验分区,每个分区中设置 4 个样方,并在每个样方中投放 20 袋不同的凋落物,然后在接下来的 1 年里每月初进行各种凋落物分解袋回收,每次回收 5 袋,并及时装入自封袋,以备在实验室进行指标测定,同时做好与对照区的对比分析。

1.3 凋落物储量和持水能力的测定

在未经处理的状态下对凋落物进行称重,并将数据命名为 W_1 ; 然后将其置于尼龙袋后浸泡 24 h, 之

后静置至无水滴出,接着对其质量进行称量,取值为 W_2 ;接下来将其在 75°C 下烘干,恒重冷却后称量,并取值为 W_3 ,最后对持水率及持水量测量^[14]。

本研究主要利用室内浸泡法开展相应凋落物水文特点测定:通过预试验得知,当凋落物浸泡超过 24 h 后持水量几乎无变化,因此将浸泡 24 h 作为最大持水量状态;接下来分别将其浸泡 1, 2, 4, 6, 12, 18, 24 h, 并记录各个状态下重量;为尽可能降低试验误差,对每种处理进行 3 次重复,从而对吸水过程及速度开展深入研究,这样因为浸泡时间不同,其湿水处理下的重量会有较大差异,与风干重的差值即是凋落物的持水量。

凋落物因其附着在土壤表面,因此能够有效降低雨水对地表土壤的冲刷,有效调节地表径流,同时涵养水源,对降雨的涵养量成为拦蓄量,可通过如下方法进行计算^[15]:

$$P=0.85R_m-R_0 \quad (1)$$

$$M=(0.85R_m-R_0)\times W \quad (2)$$

$$W_m=(m_2-m_1)/m_1\times 100\% \quad (3)$$

$$S=(0.85R_m-R_0)\times M \quad (4)$$

式中: P 为有效拦蓄率(%); R_m 为最大持水率(%); R_0 为自然持水率(%); M 为有效拦蓄量(t/hm^2); W 为凋落物储量(t/hm^2); S 为有效拦蓄量(t/hm^2); W_m 为最大持水率(%); m_2 为湿水处理下的重量(g); m_1 为干质量(g)。

1.4 凋落物持水率与分解残留率

对回收网袋进行清洁处理,首先将泥土及根系去掉,然后在自然状态下称重;之后在 65°C 下烘烤,恒重后再进行称重。由此得到持水率 R_1 如下^[16]:

$$R_1=(X_0-X_i)/X_i\times 100\% \quad (5)$$

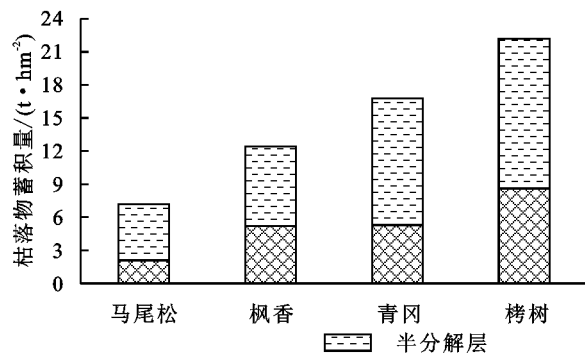


图 1 亚热带森林热带山地雨林凋落物储量

2.1.2 亚热带森林凋落物持水性能及有效拦蓄量
人工降雨不同于自然降雨,因此在试验过程中会存在一定的误差,尽管使用的是原状凋落物进行浸泡,但是依然与自然降水下调落物作用有一定的差异,因此试验对持水量的衡量反映更多的是较为理想状态下的效果,最大持水量仅仅是凋落物蓄水的一个反映,

式中: X_0 为鲜重; X_i 为干重。

对分解残留率^[17]计算如下:

$$L_r=X_i/X_0\times 100\% \quad (6)$$

$$L_d=100\%-L_r \quad (7)$$

同时对分解周期进行估测,通过以下方式计算^[18]:

$$L_r=a e^{-kt}=X_i/X_0\times 100\% \quad (8)$$

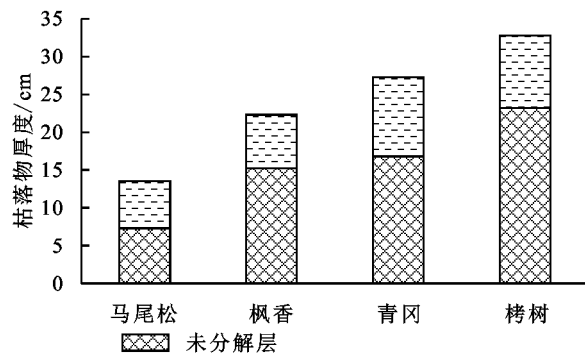
式中: L_r 为凋落物叶残留率(%); L_d 为凋落物叶累积分解率(%); t 为分解时间,用月来表示; a 代表修正系数; k 为常数;

Excel 2010 和 SPSS 18 数据分析,单因素方差分析(One-way ANOVA)和最小显著法(LSD)检验其差异显著性。

2 结果与分析

2.1 亚热带森林凋落物水文效应

2.1.1 亚热带森林凋落物储量
由图 1 可知,对于亚热带森林而言,其未分解层厚达 7.3~23.2 mm,超过了总厚度的 50%,而半分解层则是处于 2~10.5 mm;不同的林木具有明显不同的凋落物总厚度,其中最厚的是栲树,厚达 32.8 mm;其次是青冈、枫香,而马尾松的厚度最低,仅为 13.6 mm;从是否分解这一角度来看,未分解层的厚度明显高于半分解层,且不同林木存在较大差异,其中栲树的半分解层厚度达到 10.5 mm,而马尾松仅为 6.2 mm。从图 1 中可以发现,不同的凋落物具有不同的蓄积量,其中效果最好的是栲树,达到 22.3 t/hm^2 ,占比 62.7%,其次是青冈及枫香,而马尾松最低,仅为 7.2 t/hm^2 ,这基本与凋落物总厚度的表现规律一致,且总蓄积量的 50% 以上为半分解层形成的蓄积量。



但是又难以在自然状态下对其持水进行测量,因此通过有效拦蓄量衡量能够较为真实反映凋落物涵养水源的效果^[18-21]。由表 1 可知,就最大持水量、有效拦蓄量而言,无论是未分解层还是半分解层,效果最好的均是栲树,其次是青冈和枫香,而最差的是马尾松。而有效拦蓄量及拦蓄率的变化规律与持水率表现一

致。但是整体来看,半分解层的效果低于未分解层,这与凋落物的厚度及分布关系密切。凋落物对于降雨等水分具有吸收保持的作用,能够调节地表径流,促进降水的下渗,利于土壤水分增加及保持,但是也受其分布结构特点的影响,一般情况下,凋落物分布较为均匀且厚度适中的情况更容易吸收水源,促进土壤吸水,从而形成良好的涵养水源效果,有效促进地表径流调节,其持水能力常常用最大持水量及持水率来衡量。

就半分解层而言,对于亚热带森林凋落物来说,其最大持水量处于 6.1~9.9 t/hm²,而最大持水率则处于 72%~164%,自然状态下的含水率处于 9.2%~

25.6%,有效拦截量则处于 3~7.57 t/hm²,拦截率处于 53%~124%,拦蓄深度则为 0.49~0.65 mm;就有效拦蓄量深度而言,最深的则是马尾松,其次是枫香,而栲树最低。就未分解层来说,其最大持水量处于 6.2~11 t/hm²,而最大持水率则是处于 79%~179%,自然状态下的含水率处于 11.7%~37.2%,有效拦截量则处于 3.5~19.2 t/hm²,拦截率处于 65.45%~204.17%,拦蓄深度则为 0.57~2.13 mm;就有效拦蓄量深度而言,最深的则是马尾松,其次是枫香,而栲树最低,这与半分解层的表现规律一致。综合来看,具有较强拦蓄能力的林木是栲树和青冈,而马尾松的拦蓄能力较弱。

表 1 亚热带森林凋落物持水性能及有效拦蓄量

项目	自然 含水率/%	最大 持水率/%	最大持水量/ (t·hm ⁻²)	有效 拦蓄率/%	有效拦蓄量/ (t·hm ⁻²)	有效拦 蓄量深度/mm
半分解层	马尾松	9.21	72.11	6.17	53.21	3.03
	枫香	11.54	95.57	7.65	63.19	5.23
	青冈	19.57	151.65	9.76	112.68	7.46
	栲树	25.65	164.02	9.98	124.45	7.57
未分解层	马尾松	11.78	79.21	6.23	65.45	3.56
	枫香	19.65	102.33	7.98	79.12	7.79
	青冈	28.98	159.58	9.86	128.45	14.12
	栲树	37.23	179.15	11.03	204.17	19.23

2.1.3 亚热带森林凋落物持水过程 由图 2 可知,不同的林木具有不同的持水量,但是其与浸泡时间的关系也较为密切。就半分解层而言,凋落物的持水量变化范围分别是 946~1 975,902~1 724,813~1 447,656~1 049 g/kg,相比而言未分解层的变化范围则是 611~1 286,723~1 421,1 217~2 502,1 401~2 534 g/kg。在进行 1 h 的浸泡之后,未分解层凋落物的持水量上升速度很快;随着浸泡时间的增加,持

水量也在不断上升,但是上升的速度在不断降低,这一变化规律基本与拦蓄变化趋势接近;在刚开始降雨的时候,凋落物能够更大程度上进行拦蓄径流,凋落物含水不断增加,因此持水能力会有明显下降,直至接近于饱和状态。另外,就未分解层来说,栲树及青冈的持水效果较好,而马尾松较差;对于半分解层而言,马尾松及枫香的持水效果较好,也就是说即使浸泡的时间一致,依然是未分解层具有较高的持水量。

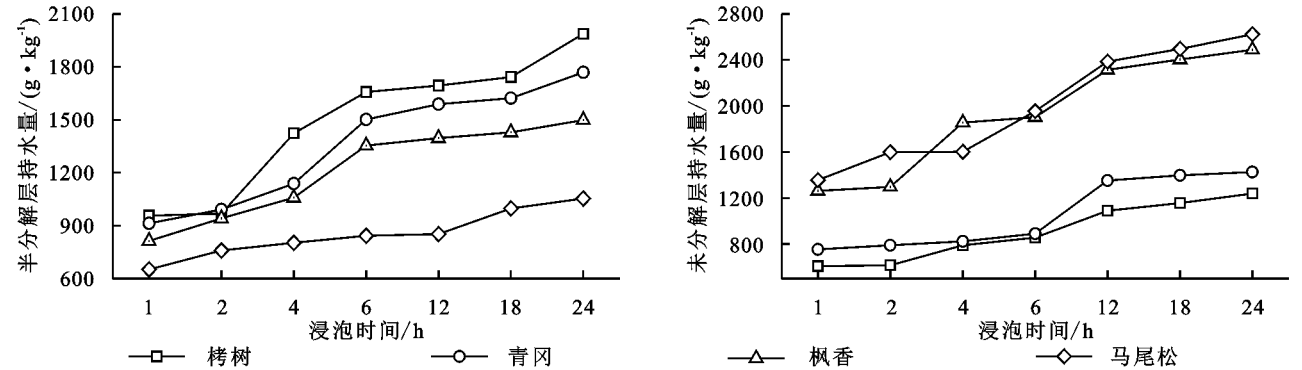


图 2 亚热带森林凋落物持水量变化过程

2.2 亚热带森林凋落物残留率动态

从图 3 可以看出,在观测期内凋落物的分解残留率在前 2 个月内呈现大幅下降,而接下来的 2~3 个月则趋于平缓,最后则是下降幅度缓慢降低。这说明不同的分解时间产生不同的分解残留率,不过虽然时

间不同,但是残留率较高的马尾松,其次是枫香及青冈,而栲树的残留率最低。通过分析对比发现,在进行分解的 12 个月后,栲树的累积分解率最高,其次的青冈,再次是枫香,而马尾松最低,且不同林木之间的累积分解率存在较明显差异,并在 0.05 检验水平下

显著,这说明叶片形态对凋落物分解产生直接的影响,针叶林的分解速率低于阔叶林(表 2)。

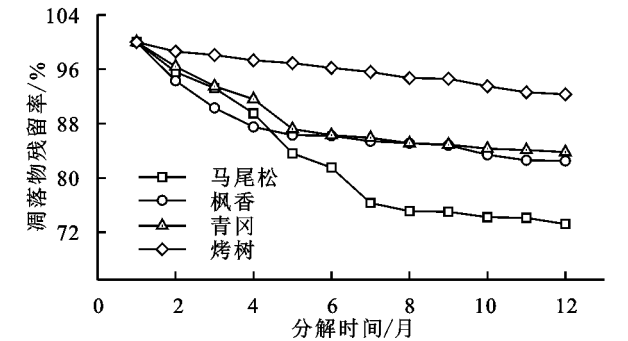


图 3 亚热带森林凋落物残留率动态

2.3 亚热带森林凋落物分解周期

从表 3 不难发现,对于分解半衰期而言,马尾松所需时间长达 5.98 a,其次是枫香和青冈,用时分别达到 3.54,2.97 a,而栲树最低,用时为 2.65 a。栲树能够用 10.25 a 的较短时间使分解率达到 95%,其次是枫香和青冈,用时分别达到 13.02,10.98 a,而马尾

松则用时最长,即长达 23.77 a。从另一个角度来看,叶面积与其分解速率密切相关,与针叶林相比而言,阔叶林具有更短的分解周期。

表 2 凋落物累积分解率

分解 月份	累积分解率/%				F	p
	栲树	青冈	枫香	马尾松		
1	100	100	100	100	—	—
2	4.4	5.7	3.6	1.4	65.3	<0.05
3	6.8	9.7	6.5	1.9	96.1	<0.05
4	10.5	12.5	8.4	2.7	56.2	<0.05
5	16.4	13.7	12.8	3.1	78.4	<0.05
6	18.5	13.8	13.7	3.8	35.2	<0.05
7	23.7	14.6	14.1	4.4	19.8	<0.05
8	24.9	14.9	14.9	5.3	34.7	<0.05
9	25	15.2	15.1	5.4	25.6	<0.05
10	25.8	16.6	15.7	6.5	63.8	<0.05
11	25.9	17.4	15.9	7.4	57.1	<0.05
12	26.8	17.5	16.2	7.7	61.3	<0.05

注:“—”代表未发现。

表 3 凋落物分解周期估测

物种	Olson 指数模型	R ²	p	分解 50%	分解 95%
栲树	$L_r = 95.68e^{-0.069 t}$	0.863 *	0.069	2.65	10.25
青冈	$L_r = 101.65e^{-0.057 t}$	0.762 *	0.057	2.97	10.98
枫香	$L_r = 99.47e^{-0.052 t}$	0.698 *	0.052	3.54	13.02
马尾松	$L_r = 103.78e^{-0.031 t}$	0.687 *	0.031	5.98	23.77

注: * 表示在 0.05 水平显著相关, ** 表示在 0.01 水平显著相关,下表同。

2.4 亚热带森林凋落物持水率对分解的响应

凋落物持水率与凋落物分解状态有密切关系,凋落物分解程度的高低直接决定着凋落物持水能力的大小。对凋落物持水率与分解残留率分析见表 4。栲树、青冈、枫香、马尾松凋落物持水率(R_t)与残留

率(L_r)具有很好的拟合关系,也即随着凋落物持水率的增加,残留率逐渐增加。通过回归分析可得到凋落物持水率(R_t)与分解残留率(L_r)的线性方程: $R_t = aL_r + b$,这一结果表明凋落物持水率随着凋落物的分解,持水率呈现出下降趋势。

表 4 凋落物持水率对分解的响应

物种	凋落物持水率(R_t)与残留率(L_r)的拟合				凋落物持水率(R_t)与含水率(R_s)的拟合		
	R_t 与 L_r 拟合方程	R ²	p		R_s 与 R_t 拟合方程	R ²	p
栲树	$R_t = 2.56L_r - 123.46$	0.65	0.018 *		$R_s = 39.26 - 286.32/R_t$	0.72	0.026 *
青冈	$R_t = 2.87L_r - 163.27$	0.59	0.035 *		$R_s = 35.12 - 217.23/R_t$	0.69	0.015 *
枫香	$R_t = 3.62L_r - 253.01$	0.67	0.019 *		$R_s = 33.25 - 342.01/R_t$	0.58	0.018 *
马尾松	$R_t = 4.15L_r - 302.74$	0.64	0.027 *		$R_s = 35.26 - 318.95/R_t$	0.61	0.020 *

3 讨论与结论

对于森林凋落物而言,在微生物的参与之下,凋落物等腐殖质能够被分解为碳、氮等土壤养分,这些养分能够被植株根系吸收利用,也就是说凋落物联接着土壤及植株的地上部分,有效参与了能力和物质交换,在增强土壤肥力方面起着不可或缺的作用^[19-20]。本试验通过分解残留率对凋落物分解效果开展对比分析,通过实际观测发现,在前 2 个月内分解残留率呈现大幅下降的现象,而接下来的 2~3 个月则趋于

平缓,最后则是下降幅度缓慢降低,整体来说呈现先急后缓的降低态势^[12-14]。所经历的分解时间不同,其残留率也有较大差距,此外,叶片形态对凋落物分解产生直接的影响,针叶林的分解速率低于阔叶林。

无论是未分解层还是半分解层,就最大持水量、有效拦蓄量来说,栲树具有最好的涵养水源效果,其次是青冈和枫香,而最差的是马尾松。就有效拦蓄量及拦蓄率变化而言,其变化规律与持水量、持水率表现一致,综合来看,具有较强拦蓄能力的林木是栲树和青冈,而马尾松的拦蓄能力较弱。但是整体来看,

半分解层的效果低于未分解层,这与凋落物的厚度及分布关系密切。从图2可以看出,不同的林木具有不同的持水量,但是其与浸泡时间的关系也较为密切。在进行1个小时的浸泡之后,未分解层凋落物的持水量上升速度很快;随着浸泡时间的增加,持水量也在不断上升,但是上升的速度在不断降低,这一变化规律基本与拦蓄变化趋势接近,在刚开始降雨的时候,凋落物能够更大程度上进行拦蓄径流,凋落物含水不断增加,因此持水能力会有明显下降,直至接近于饱和状态。另外,就未分解层来说,栲树及青冈的持水效果较好,而马尾松较差;即使浸泡的时间一致,依然是未分解层具有较高的持水量。

对于凋落物而言,分解残留率受到时间的直接制约,因此需要对半衰期及不同分解率的分解时间进行对比分析,通过研究发现,对于分解半衰期而言,马尾松所需时间长达5.98 a,其次是枫香和青冈,用时分别达到3.54,2.97 a,而栲树最低,用时为2.65 a。栲树能够用10.25 a的较短时间使分解率达到95%,其次是枫香和青冈,用时分别达到13.02,10.98 a,而马尾松则用时最长,即长达23.77 a。从另一个角度来看,叶面积与其分解速率密切相关,与针叶林相比而言,阔叶林具有更短的分解周期。凋落物叶片特质直接影响其与环境接触面,进而制约分解界面^[21-22],叶形界面与分解速率存在正相关的关系,这说明叶片形状与分解残留率具有密切关系;此外,凋落物的组织结构等特质也影响着其分解速率,但相应的影响程度有待于进一步探究。对于凋落物而言,其持水能力受到分解程度的直接制约,二者具有密切关系,虽然林木种类不同,但是持水率与残留率之间具有明显的拟合性,二者呈现明显的正相关,且在0.05检验水平下达到显著,在持水率不断上升的情况下,残留率则不断随之增加,然后对二者进行回归分析,得出其具有明显的线性关系。凋落物的持水率直接制约着土壤的含水率水平,二者呈现正向的变化态势,且在0.05检验水平下达到显著,二者属于典型的反函。综合来看,凋落物的分解状况及持水率对于土壤含水量产生较大影响,其分解状况影响着持水性,而持水率决定着土壤含水量的变化,三者之间关系密切。

参考文献:

- [1] 朱金兆,刘建军,朱清科,等.森林凋落物层水文生态功能研究[J].北京林业大学学报,2002,24(5):30-34.
- [2] 张佳佳,傅伟军,杜群,等.浙江省森林凋落物碳密度空间变异特征[J].林业科学,2014,50(2):8-13.
- [3] 杨新芳,鲍雪莲,胡国庆,等.大兴安岭不同火烧年限森林凋落物和土壤C, N, P化学计量特征[J].应用生态学报,2016,27(5):1359-1367.
- [4] 谌贤,刘洋,唐实玉,等.川西亚高山森林凋落物不同分

- 解阶段基质质量特征[J].西北植物学报,2017,37(3):586-594.
- [5] 肖文娅,关庆伟.干扰对森林凋落物分解影响的研究现状及展望[J].生态环境学报,2018,27(5):983-990.
- [6] 韩雪,王春梅,蔺照兰.模拟氮沉降对温带森林凋落物分解的影响[J].生态环境学报,2014,23(9):1503-1508.
- [7] 林成芳,彭建勤,洪慧滨,等.氮、磷养分有效性对森林凋落物分解的影响研究进展[J].生态学报,2017,37(1):54-62.
- [8] 武启骞,王传宽.季节性雪被变化对森林凋落物分解及土壤氮动态的影响[J].应用生态学报,2018,29(7):2422-2432.
- [9] 贾丙瑞,周广胜,刘永志,等.中国天然林凋落物量的空间分布及其影响因子分析[J].中国科学:生命科学,2016,46(11):1304-1311.
- [10] 贾艳艳,杜小凤,王伟中,等.钠添加对亚热带森林凋落物分解及其微生物活性的影响[J].东北林业大学学报,2017,45(11):39-44.
- [11] 刘璐,赵常明,徐文婷,等.神农架常绿落叶阔叶混交林凋落物动态及影响因素[J].植物生态学报,2018,42(6):619-628.
- [12] 陈平,赵博,杨璐,等.接种蚯蚓和添加凋落物对油松人工林土壤养分和微生物量及活性的影响[J].北京林业大学学报,2018,40(6):63-71.
- [13] 施昀希,黎建强,陈奇伯,等.滇中高原5种森林类型凋落物及营养元素储量研究[J].生态环境学报,2018,27(4):617-624.
- [14] 陶继新,魏强,凌雷,等.甘肃兴隆山天然林苔藓凋落物自然持水特性[J].林业科技通讯,2017,12(3):22-28.
- [15] 陈晓丽,王根绪,杨燕,等.山地森林表层土壤酶活性对短期增温及凋落物分解的响应[J].生态学报,2015,35(21):7071-7079.
- [16] 李晗,吴福忠,杨万勤,等.亚高山森林林窗对凋落物分解过程中半纤维素动态的影响[J].植物生态学报,2015,39(3):229-238.
- [17] 周世兴,黄从德,向元彬,等.模拟氮沉降对华西雨屏区天然常绿阔叶林凋落物木质素和纤维素降解的影响[J].应用生态学报,2016,27(5):1368-1374.
- [18] 李伟,刘小飞,陈光水,等.凋落物对中亚热带米槠天然林和人工林土壤呼吸的影响[J].林业科学,2016,52(11):11-18.
- [19] 吴春生,刘苑秋,魏晓华,等.亚热带典型森林凋落物及细根的生物量和碳储量研究[J].西南林业大学学报,2016,36(5):45-51.
- [20] 李宜浓,周晓梅,张乃莉,等.陆地生态系统混合凋落物分解研究进展[J].生态学报,2016,36(16):4977-4987.
- [21] 崔鸿侠,潘磊,黄志霖,等.神农架巴山冷杉林凋落物量养分归还及分解特征[J].南京林业大学学报:自然科学版,2017,41(1):194-198.
- [22] 徐胜,付伟,平琴,等.气候变化对树木凋落物分解的影响研究进展[J].生态学杂志,2017,36(11):3266-3272.